



TUGAS AKHIR – TF 145565

RANCANG BANGUN SENSOR KECEPATAN GERAK KAKI PADA *TREADMILL*

MUHAMMAD SYARIFUDDIN
NRP. 2413 031 053

Dosen Pembimbing :
Ir. Apriani Kusumawardhani, MSc

Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – TF 145565

DESIGN SENSOR SPEED FOOTWORK ON TREADMILL

MUHAMMAD SYARIFUDDIN
NRP. 2413 031 053

Counselor Lecturer

Ir. Apriani Kusumawardhani, MSc

***Diploma Program of Metrology and Instrumentation
Department of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016***

RANCANG BANGUN SENSOR KECEPATAN GERAK KAKI PADA TREADMILL

TUGAS AKHIR

Oleh :

M. SYARIFUDDIN

NRP. 2413 031 053

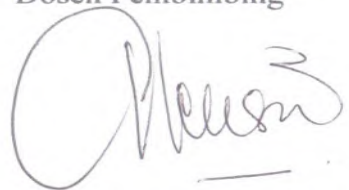
Surabaya, 20 Juli 2016
Mengetahui / Menyetujui

Ketua Program Studi
D3 Metrologi dan Instrumentasi



Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, MSc
NIPN. 19620822 198803 1 001

Dosen Pembimbing



Ir. Apriani Kusumawardhani, MSc
NIPN. 19530404 197901 2 001

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI - ITS



Agus Muhamad Hatta, ST, MSI, Ph.D
NIPN. 19780902 200312 1 002

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SENSOR KECEPATAN GERAK KAKI PADA TREADMILL

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada

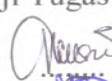

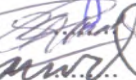
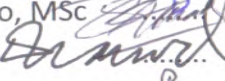


Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

M. SYARIFUDDIN

NRP. 2413 031 053

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- | | | |
|--------------------------------------|---|-------------------|
| 1. Ir. Apriani Kusumawardhani, MSc |  | Pembimbing |
| 2. Ir. Jerri Susatio, M.T. |  | Ketua Penguji |
| 3. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, MSc |  | Dosen Penguji I |
| 4. Ir. Tutug Dhanardono, M.T. |  | Dosen Penguji II |
| 5. Hendra Cordova, S.T., M.T. |  | Dosen Penguji III |
| 6. Murry Raditya, S.T., M.T. |  | Dosen Penguji IV |

**SURABAYA
JULI, 2016**

RANCANG BANGUN SENSOR KECEPATAN GERAK KAKI PADA TREADMILL

Nama : Muhammad Syarifuddin
NRP : 2413 031 053
Program Studi : D3-Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Apriani Kusumawardhani, Msc

Abstrak

Sistem pengendalian kecepatan yang terdapat pada *Treadmill* dirasa kurang aman karena Seringkali hal ini mengakibatkan resiko kecelakaan seperti terjatuh para pengguna *treadmill* saat mereka belum siap mengikuti kecepatan belt yang berputar. Kecepatan belt yang berputar pada *treadmill* di rasa sangat penting karena kecepatan merupakan fungsi utama pada *treadmill*. Untuk itu dibuatlah rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki pada *treadmill* untuk mengetahui kecepatan kaki pengguna *treadmill* saat berjalan di atas *treadmill* Yang kemudian diikuti dengan pergerakan putaran motor pada *treadmill*. Rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki ini menggunakan sensor Accelerometer ADXL 335 GY-61, mikrokontroler AVR AT Mega 8535, buzzer 5 volt, bak converter DC Step down 5 volt, display LCD 2x16 dan akuisisi data dengan menggunakan software CV AVR. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan bahwa pada percobaan 1 pengukuran kecepatan diperoleh hasil standar deviasi yaitu 0,0737865 dan rata-rata persen error sebesar 3 % sedangkan pada percobaan 2 diperoleh hasil standar deviasi yaitu 0,0699206 dan rata-rata persen error sebesar 3,1 %. Dari data hasil pengukuran, didapatkan kesimpulan bahwa rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki bisa bekerja saat dipasang di kaki pengguna *treadmill*.

Kata kunci: Kecepatan, Sensor Accelerometer ADXL 335 GY-61, Display LCD 2x16

DESIGN SENSOR SPEED FOOTWORK ON TREADMILL

Name : Muhammad Syarifuddin
NRP : 2413 031 053
Study Program : D3-Metrologi dan Instrumentasi
Department : Teknik Fisika FTI-ITS
Counselor Lecturer : Ir. Apriani Kusumawardhani, Msc

Abstract

Speed control system contained on it is less secure Treadmill because Often this resulted because the risk of accidents such as falls the treadmill users when they are not ready to follow the speed of the rotating belt. Rotating belt speed on the treadmill is considered very important because the speed is the main function of the treadmill. To make a speed sensor design footwork on the treadmill to determine the speed of the treadmill leg while walking on a treadmill that Followed by the movement of rotation of the motor on the treadmill. Design of footwork speed sensor uses Accelerometer sensor ADXL 335 GY-61, AVR AT Mega 8535 microcontroller, buzzer 5 volts, DC Step down converter tubs 5 volt, 2x16 LCD display and data acquisition using software CV AVR. Based on test results, it was found that the experimental results obtained velocity measurements 1 standard deviation is 0.0737865 and the average percent of error of 3 % while in the second experiment the results obtained standard deviation is 0.0699206 and the average percent of error of 3,1 %. From the measurement data, it was concluded that the design of footwork speed sensor can work when installed at the foot of the treadmill users.

Keywords : Speed, Accelerometer ADXL 335 GY-61, LCD Display 2x16

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
 BAB I. PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
 BAB II. DASAR TEORI	 3
2.1 <i>Treadmill</i>	3
2.2 Kecepatan.....	4
2.3 Gerak melingkar beraturan (GMB).....	4
2.4 Kecepatan linier dan kecepatan sudut	5
2.5 Sensor Accelerometer	5
2.6 Accelerometer ADXL GY-61	7
2.7 Mikrokontroler AVR ATmega 8535	11
2.8 <i>LCD (Liquid Crystal Display)</i>	13
2.9 Buzzer	15
2.10 <i>Power Supply</i>	16
2.11 <i>Buck converter Step down 5v</i>	16
2.12 Sistem pengukuran.....	18
2.13 Karakteristik Alat Ukur	19
2.14 Karakteristik Statik Alat Ukur.....	19
2.15 Analisis Ketidakpastian.....	23

BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT..27

3.1 Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	27
3.2 Studi literatur Sensor Accelerometer	28
3.3 Perancangan <i>Hardware</i>	28
3.4 Pembuatan <i>Hardware</i>	29
3.5 Pengambilan Data Karakteristik dan Kalibrasi	34
3.6 Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan	34

BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN..... 35

4.1 Analisa Data.....	35
4.2 Pembahasan.....	40

BAB V. PENUTUP 43

5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (*Listing Program di Mikrokontroller*

AVR ATMega 8535)

LAMPIRAN B Data Sheet AT Mega 8535

LAMPIRAN C Data Sheet Buzzer

BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 <i>Description of pin</i> ADXL 335 GY-61	10
Tabel 2.2 <i>Description of feature</i> ADXL 335 GY-61	10
Tabel 2.3 Fungsi khusus port A	12
Tabel 2.4 Fungsi khusus port B	12
Tabel 2.5 Fungsi khusus port C	13
Tabel 2.6 Fungsi khusus port D	13
Tabel 4.1 Pengujian Power Supply 5 Volt	36
Tabel 4.2 Pengujian Sensor Accelerometer ADXL 335	37
Tabel 4.3 Data Uji sensor Accelerometer 1	38
Tabel 4.4 Data Uji sensor Accelerometer 2	39

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 <i>Treadmill</i>	3
Gambar 2.2 Block diagram Fungsional ADXL 335	7
Gambar 2.3 Skematik rangkaian ADXL 335	8
Gambar 2.4 <i>Pin configuration</i> ADXL 335 GY-61	9
Gambar 2.5 Konfigurasi pin At mega 8535	11
Gambar 2.6 LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>) 16 x 2	14
Gambar 2.7 <i>Buzzer</i> 5v	15
Gambar 2.8 Rangkaian <i>Buzzer</i> 5v	16
Gambar 2.9 <i>Buck Converter</i>	18
Gambar 2.10 Rangkaian <i>Buck Converter</i>	18
Gambar 2.11 Blok diagram sistem pengukuran	19
Gambar 2.12 Karakteristik output instrumen linier	21
Gambar 2.13 Grafik non-linieritas	22
Gambar 2.14 Penjelasan Akurasi dan Presisi	
(a) akurasi rendah, presisi rendah	
(b) akurasi rendah, presisi tinggi	
(c) akurasi tinggi presisi tinggi	23
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Tugas Akhir	28
Gambar 3.2 Diagram Blok Sensor kecepatan gerak kaki	29
Gambar 3.3 Diagram Blok Rancang bangun Sensor kecepatan gerak kaki	29
Gambar 3.4 Modul sensor accelerometer ADXL 335	30
Gambar 3.5 Minsis AVR AT Mega 8535	31
Gambar 3.6 Display Sensor Accelerometer ADXL 335	31
Gambar 3.7 Modul Buzzer	32
Gambar 3.8 Display tanda peringatan bahaya	32

Gambar 3.9	Modul <i>buck converter DC</i> <i>Step down 5v</i>	33
Gambar 3.10	Rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki	33
Gambar 4.1	Pengujian rancang bangun sensor gerak kaki	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Treadmill adalah alat olah raga yang sering digunakan di pusat-pusat kebugaran seperti Gym. Alat fitness *treadmill* bisa digunakan untuk berjalan maupun jogging. Biasanya alat ini memiliki banyak jenis, mulai dari yang hanya memiliki satu fungsi hingga yang memiliki banyak fungsi. Penggunaannya juga bermacam-macam, mulai dari cara manual, magnetik, sampai elektrik. Kecanggihan teknologi didalamnya memberikan kemudahan bagi masyarakat untuk menggunakannya. Inovasi yang diberikan pun beragam, demi menciptakan sebuah alat olahraga yang nyaman, praktis dan memberikan dampak positif bagi tubuh. Namun pada umumnya treadmill masih diatur kecepatan motornya untuk menggerakkan laju belt konveyor dan pilihan kecepatannya bervariasi dari 0,3 hingga 2 m/s. Seringkali hal itu mengakibatkan resiko kecelakaan seperti terjatuh para pengguna treadmill saat mereka belum siap mengikuti kecepatan belt yang berputar. Untuk menyiasati dan mengurangi angka resiko kecelakaan pada pengguna *treadmill*, sedangkan kebutuhan olahraga untuk pola hidup sehat sangat banyak dibutuhkan. Maka kami terinspirasi untuk membuat *Treadmill* yang dapat mengatur kecepatan motor dan belt yang berjalan berdasarkan kecepatan pergerakan kaki pengguna *treadmill* tanpa harus melakukan pengaturan kecepatan motor pada *treadmill*. Agar kecepatan motor *treadmill* dapat terjaga, maka diperlukan rancang bangun sensor untuk melakukan sistem pengukuran pada kecepatan gerak kaki manusia. Sistem ini terdiri dari sensor accelerometer ADXL 335, AVR AT mega 8535, Power supply, Buzzer dan LCD 2 x 16 untuk menampilkan kecepatan.

1.2 Permasalahan

Pada pelaksanaan tugas akhir ini terdapat permasalahan yaitu bagaimana merancang dan membangun sensor kecepatan untuk melakukan pengukuran kecepatan pada gerak kaki manusia. Agar kecepatan tersebut dapat diketahui serta ditampilkan pada layar LCD 2 x 16.

1.3 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahan dari sensor yang dirancang ini yaitu :

1. Pada *plant treadmill*, variabel proses yang akan diukur adalah kecepatan.
2. Sensor yang digunakan yaitu Accelerometer ADXL 335 dengan range sensitivitas 0g-3g.
3. Kontroler yang digunakan adalah AVR AT Mega 8535.
4. Dilakukan pengukuran terhadap perubahan kecepatan gerak kaki.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini yaitu merancang dan membangun suatu sensor kecepatan gerak kaki manusia untuk dapat diketahui dan ditampilkan pada layar LCD.

1.5 Manfaat

Dalam mengerjakan tugas akhir ini mahasiswa atau penulis dapat paham dan mengerti dalam merancang dan membangun suatu sensor kecepatan gerak kaki manusia.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 *Treadmill*

Treadmill adalah alat olah raga yang sering digunakan di pusat-pusat kebugaran seperti *gym*. *Treadmill* adalah alat yang digunakan untuk berjalan atau berlari di tempat yang sama. *Treadmill* bisa digunakan untuk berjalan dan juga berlari. Alat ini memiliki banyak jenis, mulai dari yang hanya memiliki satu fungsi hingga yang memiliki banyak fungsi.

Treadmill merupakan suatu pilihan dari beberapa alat olahraga lainnya karena memiliki beberapa kelebihan yaitu diantaranya :

- a. Alat *treadmill* sangat ideal digunakan bagi orang yang ingin menurunkan berat badan yang berlebih dan juga dapat meningkatkan kepadatan tulang.
- b. *Treadmill* juga dilengkapi dengan alat untuk memonitor kecepatan, mengetahui kecepatan berjalan/ berlari dan juga jarak tempuh yang sudah dilalui.



Gambar 2.1 *Treadmill*

2.2 Kecepatan

Kecepatan adalah besarnya jarak yang ditempuh oleh benda tiap satuan waktu. Kecepatan adalah jenis besaran yang bergantung pada arah, sehingga kecepatan termasuk dalam besaran vektor. Untuk gerak satu dimensi, arah dari kecepatan dapat dinyatakan dengan tanda positif atau negatif. Konsep tentang kecepatan dibagi menjadi dua, yaitu kecepatan sesaat dan kecepatan rata-rata. Kecepatan sesaat adalah kecepatan benda pada suatu saat, sedangkan kecepatan rata-rata adalah hasil bagi antara perpindahan dengan selang waktunya. Kecepatan dapat diukur dengan alat yang bernama velocitometer.

Variasi kecepatan pada *treadmill* bermacam-macam tergantung produk dan merk *treadmill* itu sendiri. Contohnya pada *OneSport Motorized Treadmill* 121 yang berkekuatan 1.0 HP mempunyai 4 tombol pilihan kecepatan pada saat berlari yaitu 4 KM/H, 6 KM/H, 8 KM/H dan 10 KM/H. dan pada *Sole Fitness F63 Treadmill* menyediakan kecepatan hingga 12 mph(mil per jam). 1 mph sendiri sama dengan 1,60934 km/jam. Sedangkan 1 km/jam sama dengan 0,277778 m/s.

2.3 Gerak melingkar beraturan (GMB)

Gerak melingkar beraturan memiliki dua pengertian. *Pertama*, suatu benda bergerak melingkar beraturan jika selama benda tersebut bergerak melingkar, kelajuan benda selalu konstan atau kelajuan setiap bagian benda selalu konstan. *Kedua*, suatu benda bergerak melingkar beraturan jika kecepatan sudut benda selalu konstan. Kecepatan sudut merupakan besaran vektor, karenanya kecepatan sudut terdiri dari besar kecepatan sudut dan arah kecepatan sudut.

2.4 Kecepatan linear dan kecepatan sudut

Kecepatan linear (v) adalah kecepatan yang arahnya menyinggung lingkaran (satuan : m/s). Kecepatan ini biasa juga disebut *kecepatan tangensial* (tangensial artinya garis singgung).

$$v = \frac{2 \pi R}{T} = 2 \pi R f \quad (2.1)$$

Kecepatan sudut adalah besarnya sudut yang ditempuh per satuan waktu (satuan : rad/s). Kecepatan sudut biasa juga disebut *kecepatan angular* (angular artinya sudut)

$$\omega = \frac{2 \pi}{T} = 2 \pi f \quad (2.2)$$

2.5 Sensor Accelerometer

Accelerometer adalah sebuah transduser yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. *Accelerometer* juga dapat digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi pada kendaraan, bangunan, mesin, dan juga bisa digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi di dalam bumi, getaran mesin, jarak yang dinamis, dan kecepatan dengan ataupun tanpa pengaruh gravitasi bumi.

Prinsip kerja dari transduser ini berdasarkan hukum fisika bahwa apabila suatu konduktor digerakkan melalui suatu medan magnet, atau jika suatu medan magnet digerakkan melalui suatu konduktor, maka akan timbul suatu tegangan induksi pada konduktor tersebut. *Accelerometer* yang diletakan di permukaan bumi dapat mendeteksi percepatan $1g$ (ukuran gravitasi bumi) pada titik vertikalnya, untuk percepatan yang dikarenakan oleh

pergerakan horizontal maka *accelerometer* akan mengukur percepatannya secara langsung ketika bergerak secara horizontal. Hal ini sesuai dengan tipe dan jenis sensor *accelerometer* yang digunakan karena setiap jenis sensor berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pembuatnya. Saat ini hampir semua sensor/transduser *accelerometer* sudah dalam bentuk digital (bukan dengan sistem mekanik) sehingga cara kerjanya hanya berdasarkan temperatur yang diolah secara digital dalam satu chip.

Berikut adalah gambaran bagaimana proses *accelerometer* analog (dengan sistem mekanik maupun digital) bekerja;

- a. Accelerometer digital yang bekerja berdasarkan temperatur
- b. Accelerometer analog yang bekerja berdasarkan sistem mekanik

Tipe Accelerometer

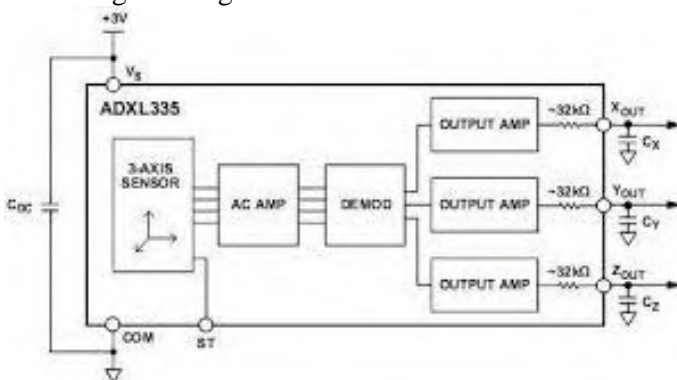
- a. **Capacitive:** lempengan metal pada sensor memproduksi sejumlah kapasitansi, perubahan kapasitansi akan mempengaruhi percepatan.
- b. **Piezoelectric:** kristal piezoelectric yang terdapat pada accelerometer jenis ini mengeluarkan tegangan yang selanjutnya dikonversi menjadi percepatan.
- c. **Piezoresistive:** lempengan yang secara resistansi akan berubah sesuai dengan perubahan percepatan.
- d. **Hall effect:** percepatan yang dirubah menjadi sinyal elektrik dengan cara mengukur setiap perubahan pergerakan yang terjadi pada daerah yang terinduksi magnet.

- e. **Magnetoresistive:** Perubahan percepatan diketahui berdasarkan resistivitas material karena adanya daerah yang terinduksi magnet.
- f. **Heat Transfer:** percepatan dapat diketahui dari lokasi sebuah benda yang dipanaskan dan diukur ketika terjadi percepatan dengan sensor temperatur.

2.6 Accelerometer ADXL 335 GY-61

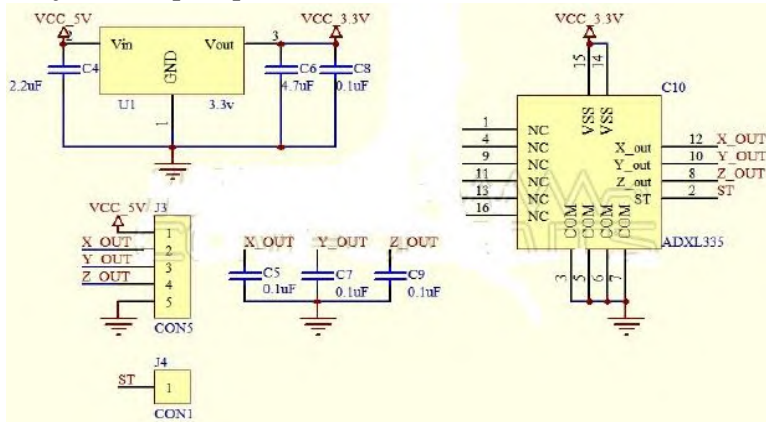
Accelerometer ADXL335 merupakan sebuah sensor yang mampu mendeteksi kemiringan sudut dalam kondisi statis. Sensor ini memiliki ukuran yang sangat kecil yaitu 4mm x 4mm x 1.45mm yang memiliki konsumsi daya yang rendah yaitu hanya sebesar 3V. Keluaran dari sensor ini mengimplementasikan 3 aksis (x, y dan z)

dengan *output* yang telah di-filter dengan kapasitor. Sensor ini mengukur akselerasi dengan *range full scale* 3g. Sensor ini juga dapat mengukur akselerasi statis dari gravitasi dalam aplikasi *tilt sensing* sama baiknya dalam mengukur akselerasi dinamis dari *motion*, *shock* dan *vibration*. Gambarberikut merupakan tampilan dari block diagram fungsional sensor ADXL 335.



Gambar 2.2 Block diagram Fungsional ADXL 335^[8]

Adapun skematik rangkaian dari sensor ADXL335 ditunjukkan seperti pada Gambar berikut



Gambar 2.3 Skematik rangkaian ADXL 335^[6]

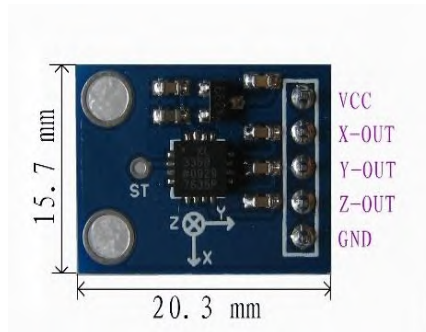
ADXL 335 GY-61 adalah accelerometer berbentuk kecil, tipis daya rendah, dilengkapi 3-axis dengan tegangan output pengkondisian sinyal, sensor ini dapat mengukur percepatan dengan berbagai skala penuh minimal $\pm 3g$. sensor ini dapat mengukur percepatan statis gravitasi dalam suatu kemiringan benda, serta percepatan dinamis yang dihasilkan dari gerak, guncangan atau getaran. Pengguna dapat memilih *bandwith* dari accelerometer dengan menggunakan kapasitor Cx, Cy dan Cz di pin output X, Y dan Z. Bandwidth dapat dipilih sesuai aplikasi, dengan kisaran 0,5 Hz hingga 1600 Hz untuk X dan sumbu Y, dan kisaran 0,5 Hz untuk 550 Hz untuk sumbu Z. Sensor ini tersedia dalam bentuk kecil, *low profile*, 4 mm x 4 mm x 1,45 mm, 16-lead.

FEATURES

1. *3-axis sensing*
 2. *Small, low profile package*
 3. *Full scale range: $\pm 3g$*
 4. *Low power : $350 \mu A$ (typical)*
 5. *Single-supply operation: 3 V to 5 V*
 6. *Sensitivity: $300mV/g$ (Typ)*
 7. *Excellent temperature stability*
 8. *BW adjustment with a single capacitor per axis*
- RoHS/WEEE lead-free compliant.*

APPLICATIONS

1. *Cost sensitive, low power, motion- and tilt-sensing applications.*
2. *Mobile devices*
3. *Gaming systems*
4. *Disk drive protection*
5. *Image stabilization*
6. *Sports and health devices*



Gambar 2.4 *Pin configuration ADXL 335 GY-61^[6]*

Tabel 2.1 *Description of pin ADXL 335 GY-61*

Pin	Pin name	Description
1	VCC	Supply Voltage 3-5v
2	X-OUT	X Channel Output
3	Y-OUT	Y Channel Output
4	Z-OUT	Z Channel Output
5	GND	Supply Ground
6	ST	Self-Test

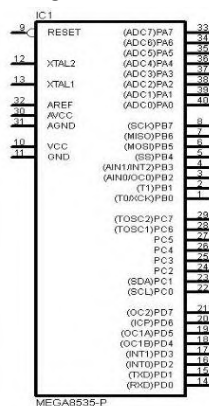
Tabel 2.2 *Description of feature ADXL 335 GY-61*

Name	Desscription
Operating Voltage Range	3 – 5 v
Supply Current	350μA
Interfaces	Analog
Operating Temperature	-40° - 85°
Dimension	20,3 mm x 15,7 mm x 11,6 mm

2.7 Mikrokontroler AVR ATmega 8535

Mikrokontroler adalah IC yang dapat di program berulang kali, baik ditulis atau dihapus. Biasanya digunakan untuk pengontrolan otomatis dan manual pada perangkat elektronika. Beberapa tahun terakhir, mikrokontroler sangat banyak digunakan terutama dalam pengontrolan robot. Seiring perkembangan elektronika, mikrokontroler dibuat semakin kompak dengan bahasa pemrograman yang juga ikut berubah. Salah satunya adalah mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's Risc processor) ATmega8535 yang menggunakan teknologi RISC (Reduce Instruction Set Computing) dimana program berjalan lebih cepat karena hanya membutuhkan satu siklus clock untuk mengeksekusi atau instruksi program. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu kelas ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Mikrokontroler AVR ATmega8535 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega8535 telah dilengkapi dengan ADC internal, EEPROM internal, Timer/Counter, PWM dan analog comparator. (M.Ary Heryanto, 2008).

2.4.1 Pin-pin pada Atmega 8535



Gambar 2.5 Konfigurasi pin At mega 8535^[3]

Tabel 2.3 Fungsi khusus port A

Port A	Fungsi
PA0	ADC0 (Input ADC channel 0)
PA1	ADC0 (Input ADC channel 1)
PA2	ADC0 (Input ADC channel 2)
PA3	ADC0 (Input ADC channel 3)
PA4	ADC0 (Input ADC channel 4)
PA5	ADC0 (Input ADC channel 5)
PA6	ADC0 (Input ADC channel 6)
PA7	ADC0 (Input ADC channel 7)

Tabel 2.4 Fungsi khusus port B

Port B	Fungsi
PB0	TO T1(Timer/Counter Eksternal Counter Input)
PB1	T1(Timer/Counter 1 Eksternal Counter Input)
PB2	A1N0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (Eksternal Interrupt 2 Input)
PB3	A1N1 (Analog Comparator Negative Input) OC0(Timer/ counter 0 Output Compare Match Output)
PB4	SS (SPI Slave Select Input)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/ Slave Input)
PB6	MISO(SPI Bus Master Input/ Slave Output)
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)

Tabel 2.5 Fungsi khusus port C

Port C	Fungsi
PC0	SCL
PC1	SDA
PC2	Input/Output
PC3	Input/Output
PC4	Input/Output
PC5	Input/Output
PC6	TOSC1(Timer Oscillator Pin 1)
PC7	TOSC2(Timer Oscillator Pin 2)

Tabel 2.6 Fungsi khusus port D

Port C	Fungsi
PD0	RXD (USART Output Pin)
PD1	TXD (USART Input Pin)
PD2	INT0 (Ekternal Interupt 0 pin)
PD3	INT1 (Ekternal Interupt 1 pin)
PD4	OC1B (Timer/Counter 1 Output Compare B match Output)
PD5	OC1A (Timer/Counter 1 Output Compare A match Output)
PD6	ICP(Timer Counter 1 input Capture Pin
PD7	OSC2(Timer Counter Output Compare Match Output

2.8 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

LCD (Liquid Cristal Display) berfungsi untuk menampilkan karakter angka, huruf atau simbol dengan baik dan konsumsi arus yang lebih rendah. *LCD (Liquid Cristal Display)* dot matrik terdiri dari bagian penampil karakter (*LCD*) yang berfungsi untuk menampilkan karakter dan bagian sistem prosesor *LCD* dalam bentuk rangkaian modul dengan mikrokontroler yang diletakan

dibagian belakang LCD tersebut yang berfungsi untuk mengatur tampilan LCD serta mengatur komunikasi antara LCD dengan mikrokontroler. Modul prosesor pada LCD memiliki memori tersendiri sebagai berikut: *CGROM (Character Generator Read Only Memory)*, *CGRAM (Character Generator Random Access Memory)*, *DDRAM (Display Data Random Access Memory)*.



Gambar 2.6 LCD (*Liquid Cristal Display*) 16 x 2^[5]

• **Fungsi Pin LCD (*Liquid Cristal Display*) 2×16.**

DB0 – DB7 adalah jalur data (*data bus*) sebagai jalur komunikasi dalam mengirimkan dan menerima data atau instruksi dari mikrokontroler ke modul LCD ini. RS yaitu pin yang berfungsi sebagai selektor register (*register select*) dimana dengan memberikan logika *low* (0) sebagai *register* perintah dan logika *high* (1) sebagai *register* data. R/W adalah pin dengan fungsi menentukan mode baca atau tulis dari data yang terdapat pada DB0 – DB7, yaitu dengan memberikan logika *low* (0) untuk fungsi *read* dan logika *high* (1) untuk mode *write*. Pin *Enable* (E), berfungsi sebagai *Enable Clock* LCD, berlogika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data.

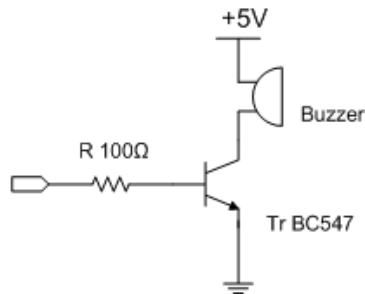
2.9 Buzzer

Buzzer digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm). *Buzzer* mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara.



Gambar 2.7 Buzzer 5v^[7]

Berikut ini rangkaian buzzer yang digunakan untuk alarm peringatan yang menandakan kecepatan sudah melalui batas yang ditentukan.



Gambar 2.8 Rangkaian *Buzzer* 5v^[7]

2.10 Power Supply

Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu Daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya Power Supply atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, Power Supply kadang-kadang disebut juga dengan istilah Electric Power Converter.

2.11 Buck Converter Step down 5v

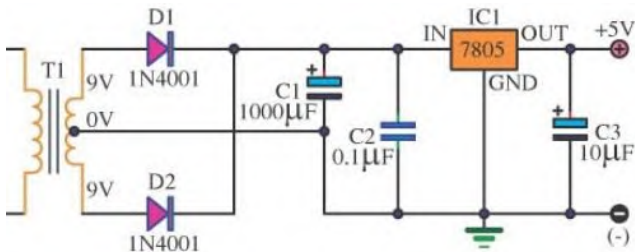
Buck Converter Step down 5v adalah rangkaian yang diperlukan untuk mengubah tegangan DC ke DC. Untuk menurunkan atau menaikkan voltase arus DC seperti arus baterai. Untuk menurunkan tegangan DC dengan selisih tidak berbeda jauh bisa menggunakan komponen sederhana. Umumnya digunakan komponen elektronik seperti tahanan atau resistor. Tapi resistor hanya menurunkan tegangan voltase dengan input fix atau tetap. Misalnya menurunkan 5VDC ke 3VDC. Menggunakan potensio/resistor untuk menurunkan tegangan lebih mudah dan murah untuk dibuat, hanya saja dipengaruhi tegangan input DC ke

output DC. Bila sumber input voltase DC turun, maka output dari tahanan ikut turun. Kecuali sumber DC input adalah tetap, seperti dari adaptor DC. Kendala kedua untuk menurunkan tegangan dengan tahanan seperti resistor atau potensi belum tentu bisa menurunkan current besar (Ampere besar seperti 0,5Amp atau 1Amp). Seperti dalam 1.000mAh secara perlahan resistor menjadi panas, dan akan merusak tahanan atau potensi, kecuali menggunakan tipe komponen resistor khusus yang mampu dilewati beban amper tinggi. Kebutuhan lain bila kita membutuhkan step-up DC to DC atau menaikkan tegangan DC to DC. Misalnya memerlukan voltase 9V DC, sedangkan sumber yang ada hanya 5V DC. Dengan alat sirkuit sederhana ini dapat menaikkan tegangan arus DC lebih tinggi dari nilai tegangan input yang ada. Seperti input bisa berubah ubah, sementara output voltase DC tetap stabil. Misalnya output yang di inginkan 9VDC, sedangkan sumber power DC yang anda miliki 5V atau 7V DC, selama tidak lebih dari 9V DC. Contoh sumber arus 5V DC paling mudah di dapat dengan power bank. Dengan alat ini , output dapat dinaik turunkan, seperti ke 6V, 9V, 12V atau voltase diturunkan lebih rendah 3V sesuai voltase baterai serta 3,7V sesuai arus baterai lithium misalnya untuk lampu senter LED. Bahkan dapat diturunkan sampai ke 1.3V DC. Untuk itu dibutuhkan salah satu sirkuit dibawah ini. Disebut alat Step Up atau Step Down. untuk menaikkan tegangan DC atau menurunkan tegangan DC Seperti gambar dibawah ini, keduanya memiliki fungsi berbeda. Satu sirkuit untuk menurunkan voltase dan satu lagi untuk menaikkan voltase DC.



Gambar 2.9 *Buck Converter*

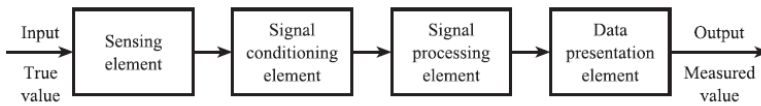
Adapun komponen-komponen yang dibutuhkan serta gambar rangkaian *buck converter step down* 9v ke 5v adalah sebagai berikut :



Gambar 2.10 Rangkaian *Buck Converter step down* 9v ke 5v^[10]

2.12 Sistem Pengukuran

Secara umum, sistem pengukuran disusun atas beberapa tahap, dan tahapan tersebut dijelaskan dengan diagram blok. Diagram blok sistem pengukuran terdiri atas empat aspek utama, yaitu *sensing element*, *signal conditioning element*, *signal processing element* dan *data presentation element*. Berikut ini penjelasan dari diagram blok sistem pengukuran.



Gambar 2.11 Blok diagram sistem pengukuran ^[4]

Berdasarkan blok diagram diatas, berikut merupakan penjelasan mengenai setiap komponen diagram blok tersebut :

- *Input* : besaran yang diukur sesuai nilai sebenarnya
- *Sensing element* / elemen penyensor : Suatu elemen yang berhubungan langsung dengan proses dan memberikan *output* sesuai variabel besaran yang terukur.
- *Signal conditioning element* / elemen pengondisian sinyal : elemen yang mendapat *input* dari *output* elemen penyensor yang nantinya dirubah menjadi bentuk yang dapat diolah oleh elemen pemrosesan sinyal.
- *Signal processing element* / elemen pemrosesan sinyal : elemen yang mendapat *input* dari *output* pengondisian sinyal yang kemudian dikonversi ke bentuk yang sesuai dengan sinyal elemen penampil agar data diproses ke data selanjutnya.
- *Data presentation element* / elemen penampil data : suatu elemen sebagai penampil hasil nilai pengukuran yang dapat dilihat atau dikenali oleh pengamat.

2.13 Karakteristik Alat Ukur

Setiap Instrumen ukur mempunyai karakteristik yang melekat padanya. Terdapat dua karakteristik instrument ukur yang digunakan, yaitu karakteristik statik dan karakteristik dinamik.

2.14 Karakteristik Alat Ukur

Karakteristik statis instrumen merupakan hubungan antara output sebuah elemen (instrumen) dengan inputnya ketika inputnya konstan maupun berubah perlahan. Karakteristik statis tidak bergantung pada waktu. Yang termasuk dalam karakteristik

statis adalah range, linieritas, sensitivitas, resolusi, akurasi, presisi, toleransi.

a. Range

Range adalah nilai minimum hingga maksimum suatu elemen. Range terdiri dari range input dan range output. Misalnya termocouple mempunyai range input 0°C - 250°C dan output range 5-20 mV.

b. Span

Span merupakan selisih nilai maksimum dengan nilai minimum. Span terdiri dari span input dan span output. Contoh, termocouple yang mempunyai range input 0°C - 250°C dan range output 5-20 mV span inputnya 250°C , span outputnya 15 mV.

c. Linieritas

Pengukuran dapat dikatakan ideal saat hubungan antara input pengukuran dengan output pengukuran berbanding lurus. Linieritas merupakan hubungan nilai input dan output alat ukur ketika terletak pada garis lurus. Garis lurus ideal merupakan garis yang menghubungkan titik minimum input/output dengan titik maksimum input/output. Berikut merupakan persamaannya:

$$O_{\text{ideal}} = KI + a \quad (2,3)$$

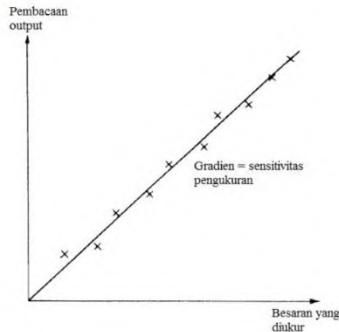
Dengan K adalah kemiringan garis, dapat diketahui melalui persamaan:

$$K = \frac{O_{\text{max}} - O_{\text{min}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}} \quad (2.4)$$

Dan a adalah pembuat nol (*zero bias*), dapat dihitung dengan persamaan:

$$a = O_{\text{min}} - KI_{\text{min}} \quad (2.5)$$

Berikut merupakan grafik karakteristik statis linier suatu instrumen:



Gambar 2.12 Karakteristik output instrumen linier^[4]

d. *Non – Linieritas*

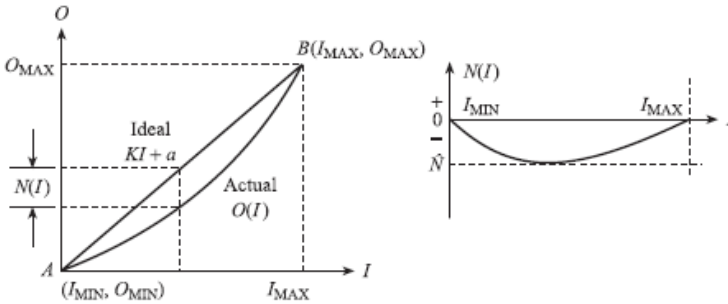
Dalam beberapa keadaan, bahwa dari persamaan linieritas muncul garis yang tidak lurus yang biasa disebut *non-linier* atau tidak linier. Didalam fungsi garis yang tidak linier ini menunjukkan perbedaan antara hasil pembacaan *actual* / nyata dengan garis lurus idealnya. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$N(I) = O(I) - (KI + a) \quad (2.6)$$

$$O(I) = KI + a + N(I) \quad (2.7)$$

Sedangkan untuk persamaan dalam bentuk prosentase dari defleksi skala penuh, sebagai berikut:

Prosentase maksimum Nonlinieritas dari defleksi skala penuh = $\frac{\hat{N}}{O_{maks} - O_{min}} \times 100\%$ (2.8)



Gambar 2.13 Grafik non-linieritas ^[4]

e. Sensitivitas

Sensitivitas diartikan seberapa peka sebuah sensor terhadap besaran yang diukur. Sensitivitas juga bisa diartikan sebagai perubahan output alat dibandingkan perubahan input dalam satu satuan. Sebagai contoh timbangan dengan kapasitas 700g mempunyai sensitivitas 1 mg. Ini berarti timbangan dapat digunakan untuk mengukur hingga 700g dengan perubahan terkecil yang dapat terbaca sebesar 1 mg.

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} \quad (2.9)$$

f. Resolusi

Resolusi merupakan perubahan terbesar dari input yang dapat terjadi tanpa adanya perubahan pada output. Suatu alat ukur dapat dikatakan mempunyai resolusi tinggi saat mampu mengukur dengan ketelitian yang lebih kecil. Misalkan, alat ukur yang mampu mengukur perubahan dalam mV mempunyai resolusi yang lebih tinggi dibanding alat ukur yang mengukur perubahan dalam skala volt.

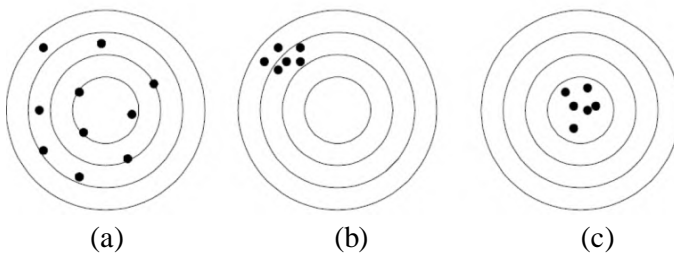
g. Akurasi

Akurasi merupakan ketepatan alat ukur untuk memberikan nilai pengukuran yang mendekati nilai sebenarnya. Karena pada

eksperimen nilai sebenarnya tidak pernah diketahui oleh sebab itu diganti dengan suatu nilai standar yang diakui secara konvensional. Contohnya termometer dengan skala 0°C - 150°C mempunyai akurasi 1°C , ini berarti jika termometer menunjukkan nilai 80°C maka nilai sebenarnya adalah 79°C - 81°C .

h. Presisi

Presisi adalah kemampuan instrument/elemen untuk menampilkan nilai yang sama pada pengukuran berulang singkat.



Gambar 2.14 Penjelasan Akurasi dan Presisi (a) akurasi rendah, presisi rendah (b) akurasi rendah, presisi tinggi (c) akurasi tinggi presisi tinggi^[4]

2.15 Analisis Ketidakpastian

Ketidakpastian adalah nilai ukur sebaran kelayakan yang dapat dihubungkan dengan nilai terukurnya. Dimana di dalam nilai sebaran tersebut terdapat nilai rentang yang menunjukkan nilai sebenarnya.

- Klasifikasi ketidakpastian, antara lain :
 - **Tipe A** : nilai ketidakpastian yang dilihat dari analisis pengukuran statistik (*ISO GUM B 2.15*; *VIM 3.5* dalam KAN DP.01.23).

Di dalam tipe ini dilakukan pengukuran hingga n kali, dimana dari pengukuran tersebut akan mendapatkan nilai rata-rata, standar deviasi, dan data keterulangan. Dimana rumus umum ketidakpastian tipe A sebagai berikut :

$$- \quad U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} (\text{Ketidakpastian hasil pengukuran}) \quad (2.10)$$

Dimana :

$\sigma = \text{Standart deviasi koreksi}$

$n = \text{Jumlah data}$

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \quad (2.11)$$

$$- \quad U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} (\text{Ketidakpastian regresi}) \quad (2.12)$$

Dimana :

$SSR (\text{Sum Square Residual}) = \sum SR (\text{Square Residual})$

$SR = R^2 (\text{Residu})$

$$Y_i (\text{Nilai koreksi}) = t_i - x_i \quad (2.13)$$

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i) \quad (2.14)$$

$$a = \bar{y}_i + (b \times \bar{t}_i) \quad (2.15)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum y_i \cdot \sum t_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}; \quad (2.16)$$

Dimana :

$t_i = \text{Pembacaan standar}$

$x_i = \text{Pembacaan alat}$

$y_i = \text{Nilai koreksi}$

- **Tipe B** : nilai ketidakpastian yang tidak dilihat dari analisis pengukuran statistik (*ISO GUM B 2.15*; *VIM 3.5* dalam KAN DP.01.23). Berikut merupakan rumus umum dari ketidakpastian tipe B :

$$- \quad U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} \quad (2.17)$$

$$- \quad U_{B2} = \frac{a}{k} \quad (2.18)$$

Dimana :

U_{B1} = Nilai ketidakpastian resolusi

U_{B2} = Nilai ketidakpastian dari alat standar/kalibrator

- **Ketidakpastian Baku Gabungan (Kombinasi)**

Ketidakpastian baku gabungan disimbolkan dengan U_c , dimana nilai ketidakpastian yang digunakan untuk mewakili nilai estimasi standar deviasi dari hasil pengukuran. Nilai ketidakpastian baku gabungan didapat dari menggabungkan nilai-nilai ketidakpastian baku dari setiap taksiran masukan (hukum propagasi ketidakpastian) (*ISO GUM B 2.15*; *VIM 3.5* dalam KAN DP.01.23).

Berikut merupakan rumus umum ketidakpastian baku gabungan :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \quad (2.19)$$

Dimana :

U_c = Nilai ketidakpastian kombinasi

U_{A1} = Nilai ketidakpastian hasil pengukuran

U_{A2} = Nilai ketidakpastian regresi

U_{B1} = Nilai ketidakpastian resolusi

U_{B2} = Nilai ketidakpastian kalibrator

- **Derajat Kebebasan Efektif**

Derajat kebebasan efektif ini berfungsi sebagai pemilihan faktor pengali untuk distribusi *Student's T* serta sebagai penunjuk perkiraan kehandalan ketidakpastian (*ISO GUM B 2.15*; *VIM 3.5* dalam KAN DP.01.23). Derajat kebebasan disimbolkan dengan v , dengan rumus sebagai berikut :

$$V = n-1 \quad (2.20)$$

Dimana :

n = Jumlah data

Sedangkan untuk derajat kebebasan efektif merupakan estimasi dari derajat kebebasan ketidakpastian baku gabungan yang dirumuskan sebagai berikut (rumus *Welch-Setterthwaite*):

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i} \quad (2.21)$$

Dimana :

V_{eff} = Derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian kombinasi

v_i = Derajat kebebasan dari komponen ketidakpastian ke- i

U_i = Hasil ketidakpastian tipe A dan B

Setelah ditentukan nilai derajat kebebasan efektif, maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai faktor cakupan sesuai dengan tingkat kepercayaan yang diinginkan, dimana faktor cakupan (k) didapat dari tabel *T-students*.

- **Ketidakpastian Diperluas, U_{exp}**

Ketidakpastian diperluas merupakan akhir nilai ketidakpastian dengan tingkat kepercayaan. Tingkat kepercayaan tingkat keyakinan mengenai daerah nilai sebenarnya pada suatu pengukuran (LPF, 2013).

$$U_{exp} = k \times U_c \quad (2.22)$$

Dimana :

k = Faktor cakupan

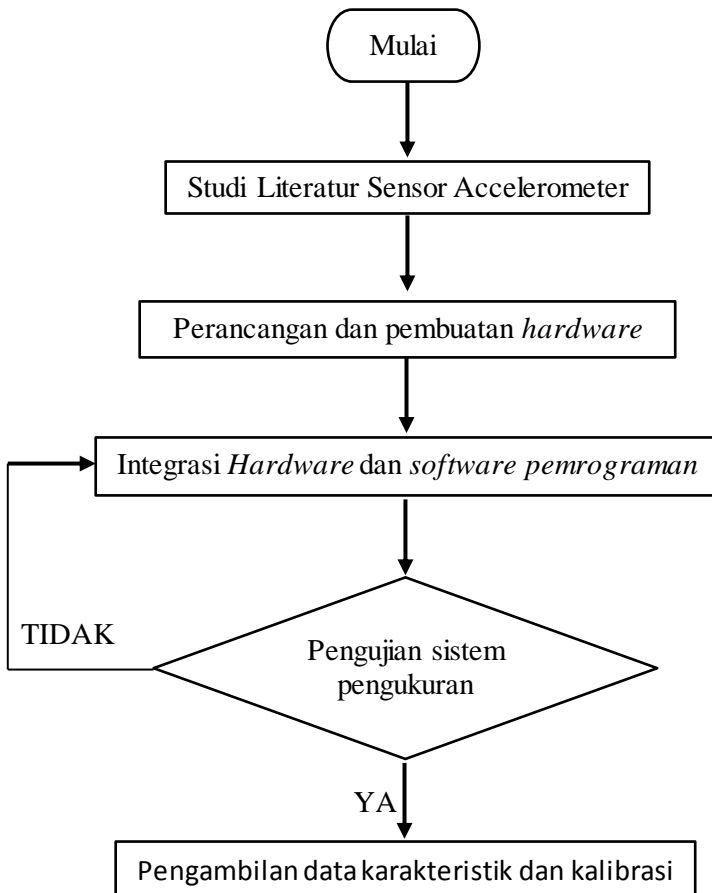
U_c = Nilai ketidakpastian kombinasi

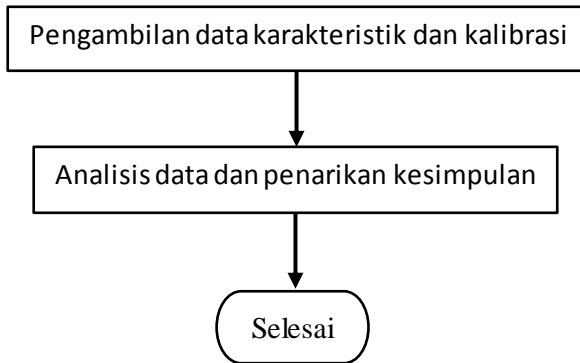
BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Diagram Alir (*Flowchart*)

Tahapan penelitian Tugas Akhir ini, secara umum dapat digambarkan dalam *flowchart* seperti dibawah ini.





Gambar 3.1 *Flowchart* Tugas Akhir

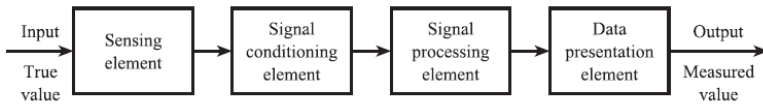
3.2 Studi Literatur Sensor Accelerometer

Mempelajari literatur dari penelitian – penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya mengenai pembuatan dan perancangan Sensor Accelerometer sebagai sensor yang dapat mendeteksi kecepatan gerak kaki manusia berdasarkan prinsip kerja sensor accelerometer itu sendiri yang umumnya mendeteksi kemiringan sudut.. Selain belajar sistem pada perancangan sensor, juga mencari literatur – literatur yang berkaitan dengan elemen-elemen pendukung yang digunakan dalam pembuatan dan perancangan sensor kecepatan menggunakan accelerometer.

3.3 Perancangan *Hardware*

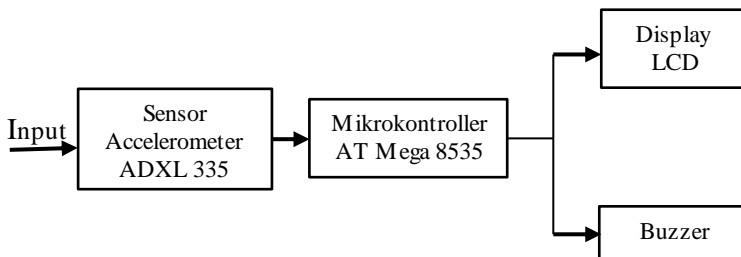
Pada perancangan dan pembuatan *hardware* terdapat beberapa tahap, yaitu pembuatan rangkaian sensor Accelerometer dan power supply berupa *buck converter step down* 5v sebagai sumber menyalakan sensor accelerometer, kemudian masuk ke pemrograman mikrokontroler AVR AT Mega 8535 untuk pengolahan data dari sensor. Pada perancangan sistem pengukuran (kalibrasi) kecepatan menggunakan sensor accelerometer ini

terdapat diagram blok pengukuran. Berikut merupakan diagram blok sistem pengukuran secara umum.



Gambar 3.2 Diagram Blok Sensor kecepatan gerak kaki^[4]

Diagram blok tersebut menjelaskan alur pengukuran yang dilakukan oleh sensor. Mulai dari input, sensor (*sensing element*), pengkodisian sinyal (*signal conditioning element*), pemrosesan sinyal (*signal processing element*), dan penampil data (*data presentation element*). Berikut ini penjelasan dari diagram blok Rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki.



Gambar 3.3 Diagram Blok Rancang bangun Sensor kecepatan gerak kaki

3.4 Pembuatan *Hardware*

Rancang bangun sensor kecepatan ini menggunakan sensor yaitu Accelerometer ADXL 335. Accelerometer berfungsi sebagai sensor untuk mengukur kemiringan sudut yang kemudian di konversi ke kecepatan sudut (rad/s) dan di konversi lagi hingga menjadi kecepatan (m/s) dan kecepatan (km/jam).. Pada diagram

blok pengukuran diatas, kedua sensor tersebut termasuk bagian *sensing element*.

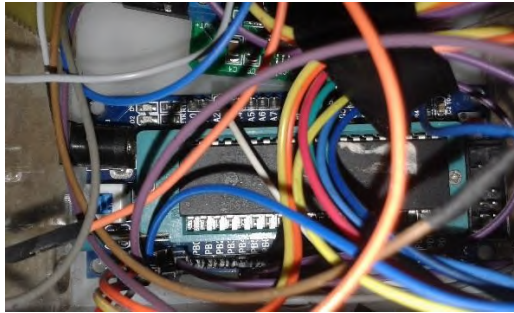
Pengukuran Kecepatan dilakukan oleh sensor Accelerometer ADXL 335. Sensor Accelerometer ADXL 335 dirangkai pada sebuah modul sensor, yang nantinya *output* dari sensor Accelerometer merupakan *Analog output*. Setelah mendapatkan keluaran Analog output, maka tahap selanjutnya adalah pemrosesan sinyal. Pemrosesan sinyal dilakukan oleh mikrokontroller AVR At mega 8535. Sinyal analog yang diterima adalah berupa tegangan 0–5v dimana tegangan tersebut menunjukkan pengukuran kecepatan. Maka, agar dapat ditampilkan dalam angka, sinyal tersebut diolah di AVR At mega 8535. Perhitungan konversi dari data analog menjadi bilangan desimal dapat dilihat pada lampiran *datasheet*. Setelah diolah, untuk penampilan data digunakan LCD (*Liquid Crystal Display*) 2x16. Berikut ini gambar dari modul sensor accelerometer ADXL 335.



Gambar 3.4 Modul sensor accelerometer ADXL 335

Setelah *sensing element* dan *signal conditioning*, tahap selanjutnya adalah masuk ke *signal processing*. *Signal processing*

dilakukan oleh mikrokontroller AVR AT Mega 8535. *Signal processing* bekerja dengan koding program CV AVR.



Gambar 3.5 Minsis AVR AT Mega 8535

Hasil data dari pemrosesan sinyal akan ditampilkan oleh LCD (*Liquid Crystal Display*) seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.6 Display Sensor Accelerometer ADXL 335

Disamping itu pada rancang bangun sensor kecepatan ini dilengkapi buzzer untuk Alarm tanda peringatan bahaya. Saat pengolahan data sensor. Sensor accelerometer mempunyai range kecepatan dari 0,1 – 2 m/s. Jika kecepatan melampaui batas range

yang diberikan maka akan menyalakan buzzer tanda peringatan bahaya.



Gambar 3.7 Modul Buzzer

Saat buzzer berbunyi akan muncul notifikasi “Stop Bahaya” yang ditampilkan oleh LCD (*Liquid Crystal Display*) seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.8 Display tanda peringatan bahaya

Sedangkan untuk menghidupkan semua rangkaian elektrik diatas dibutuhkan sumber energy atau supply. Maka dari itu

dibuatlah bak converter dc step down 5 yang bersumber dari baterai 9 v dan diturunkan tegangannya menjadi 5v. adapun modul bak converter dc step down 5v seperti gambar dibawah ini



Gambar 3.9 Modul *buck converter DC Step down 5v*

Dan semua komponen elektrik dirangkai menjadi suatu kesatuan rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki. Dimana bentuk rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki seperti dibawah ini



Gambar 3.10 Rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki

3.5 Pengambilan Data Karakteristik dan Kalibrasi

Dalam tahap ini merupakan melihat spesifikasi yang dimiliki oleh sistem monitoring yang telah dibuat. Dimana dengan keterangan data tersebut dapat dilihat bagus atau tidaknya nilai hasil pembacaan dengan nilai hasil pengukuran untuk mencari *mean* nilai hasil pembacaan sedangkan untuk data kalibrasi mencari nilai standar deviasi dan rata-rata persen error ketika penggunaan sensor ini.

3.2.8 Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan

Kemudian ditahap terakhir terdapat analisis data yang dihasilkan dari pembuatan rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki dan dilakukan penarikan kesimpulan dari semua elemen yang mempengaruhi data tersebut.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Desain rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki pada *treadmill* ini menggunakan sensor accelerometer ADXL 335 GY-61. Sistem *sensing* yang menggunakan sensor accelerometer ini diletakkan pada kaki yang berjalan diatas *treadmill*. Bagian-bagian yang diuji yaitu rangkaian *power supply*, rangkaian sensor kecepatan dan pengujian terhadap keseluruhan rangkaian.



Gambar 4.1 Pengujian rancang bangun sensor gerak kaki

- **Pengujian Power Supply**

Rangkaian *power supply* ini berupa bak *converter* DC step down 5 volt yang terdiri dari rangkaian *power supply* dengan keluaran 5 volt. Dalam pengujiannya rangkaian ini membutuhkan sumber tegangan dari baterai 9 volt.

Tabel 4.1 Pengujian Power Supply 5 Volt

NO	Tegangan Standar	Tegangan Terukur (Volt)	Simpangan ($x - \bar{x}$) (Volt)	($x - \bar{x}$) ² (Volt)	Error
1	5	4,96	-0,007	0,000049	0,04
2	5	4,97	0,003	0,000009	0,03
3	5	4,97	0,003	0,000009	0,03
4	5	4,96	-0,007	0,000049	0,04
5	5	4,97	0,003	0,000009	0,03
6	5	4,97	0,003	0,000009	0,03
7	5	4,97	0,003	0,000009	0,03
8	5	4,96	-0,007	0,000049	0,04
9	5	4,97	0,003	0,000009	0,03
10	5	4,97	0,003	0,000009	0,03
Jumlah		49,67	-	0,00021	0,33
Rata-rata		4,967	-	0,000021	0,033

Menghitung standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,00021}{9}}$$

$$\sigma = 0,0048304$$

Rata-rata persen error = Rata-rata error x 100 %

$$= 0,033 \times 100 \%$$

$$= 3,3 \%$$

Berdasarkan data yang dihasilkan maka bisa dihitung nilai standar deviasi, dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.11. Nilai standar deviasi yang dihasilkan yaitu 0,0048304. Setelah nilai standar deviasi diketahui selanjutnya menghitung rata-rata persen error. Rata-rata persen error yang didapat sebesar 3,3 %.

- **Pengujian Sensor Accelerometer ADXL 335**

Pengujian pada sensor accelerometer ini dilakukan guna mengetahui sensitifitas sensor. Berikut data yang diperoleh dari pengukuran sensor accelerometer ADXL 335 GY-61, dengan menggunakan *power supply* yang tegangan keluarannya diukur dengan menggunakan multimeter. Dan ada 3 keluaran pada sensor accelerometer yaitu keluaran axis x, y dan z.

Tabel 4.2 Pengujian Sensor Accelerometer ADXL 335

NO	V Input (Volt)	V Out x (Volt)	V Out y (Volt)	V Out z (Volt)
1	4,94	1,50	1,70	1,79
2	4,94	1,50	1,70	1,80
3	4,96	1,49	1,71	1,80
4	4,96	1,51	1,71	1,79
5	4,94	1,50	1,71	1,80
6	4,94	1,49	1,70	1,79
7	4,94	1,50	1,72	1,80
8	4,94	1,50	1,72	1,80
9	4,95	1,50	1,71	1,80
10	4,94	1,50	1,72	1,80
Rata-rata		1,499	1,71	1,797

Pada tabel 4.2 merupakan tabel hasil data pengujian pada pengukuran sensor accelerometer, yang dilakukan masing-masing 10 kali setiap axis x, y dan z. dari hasil pengukuran tersebut dapat dilakukan perhitungan rata-rata.

- **Kalibrasi Sensor Accelerometer ADXL 335**

Kalibrasi sensor accelerometer ini dilakukan dengan pengambilan 10 data pengukuran. Variable kecepatan yang ditampilkan pada LCD (*Liquid Cristal Display*) 2x16 akan

dibandingkan dengan variable kecepatan hasil perhitungan. Setelah dibandingkan dihitung rata-rata persen error.

Tabel 4.3 Data Uji Pengukuran kecepatan sensor Accelerometer 1

Uji	Perhitungan Kecepatan (m/s)	Display Kecepatan (m/s)	Simpangan ($x - \bar{x}$) (Volt)	$(x - \bar{x})^2$ (Volt)	Error (m/s)
1	0,24	0,2	0,01	0,0001	0,04
2	0,15	0,1	-0,09	0,0081	0,05
3	0,22	0,2	0,01	0,0001	0,02
4	0,30	0,3	0,11	0,0121	0
5	0,22	0,2	0,01	0,0001	0,02
6	0,24	0,2	0,01	0,0001	0,04
7	0,24	0,2	0,01	0,0001	0,04
8	0,14	0,1	-0,09	0,0081	0,04
9	0,15	0,1	-0,09	0,0081	0,05
10	0,30	0,3	0,11	0,0121	0
Jumlah		1,9	-	0,049	0,3
Rata-rata		0,19	-	0,0049	0,03

Menghitung standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,049}{9}}$$

$$\sigma = 0,0737865$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata persen error} &= \text{rata-rata error} \times 100\% \\ &= 0,03 \times 100\% \\ &= 3\% \end{aligned}$$

Dari hasil kalibrasi diatas dapat diketahui hasil standar deviasi yaitu 0,0737865 dan dapat dihitung rata-rata persen error pengukuran yaitu sebesar 3 %.

Kalibrasi sensor accelerometer yang kedua dilakukan perhitungan kecepatan lagi dengan panjang busur yang lebih besar yaitu 0,52 m. setelah itu dibandingkan kembali hasil pembacaan pada LCD (*Liquid Cristal Display*) 2x16 dengan hasil perhitungan kecepatan yang kemudian dicari rata-rata persen error nya berapa persen.

Tabel 4.4 Data Uji Pengukuran kecepatan sensor Accelerometer 2

Uji	Perhitungan Kecepatan (m/s)	Display Kecepatan (m/s)	Simpangan ($x - \bar{x}$) (Volt)	($x - \bar{x}$) ² (Volt)	Error (m/s)
1	0,43	0,4	0,04	0,0016	0,1
2	0,50	0,5	0,14	0,0196	0
3	0,35	0,3	-0,06	0,0036	0,2
4	0,32	0,3	-0,06	0,0036	0,2
5	0,32	0,3	-0,06	0,0036	0,2
6	0,43	0,4	0,04	0,0016	0,1
7	0,47	0,4	0,04	0,0016	0,1
8	0,32	0,3	-0,06	0,0036	0,2
9	0,43	0,4	0,04	0,0016	0,1
10	0,32	0,3	-0,06	0,0036	0,2
Jumlah		3,6	-	0,044	0,31
Rata-rata		0,36	-	0,0044	0,031

Menghitung standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,044}{9}}$$

$$\sigma = 0,0699206$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata persen error} &= \text{Rata-rata eror} \times 100\% \\
 &= 0,031 \times 100\% \\
 &= 3,1 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil kalibrasi diatas dapat diketahui hasil standar deviasi yaitu 0,0699206 dan dapat dihitung rata-rata persen error pengukuran yaitu sebesar 3,1%.

4.2 Pembahasan

Sistem kalibrasi pada power supply (*buck converter* DC step down 5v) dilakukan dengan mengukur output *power supply* untuk mengetahui kestabilan keluaran tegangan pada *power supply*. Serta untuk mengetahui standar deviasi. Dan hasil yang didapat untuk pembacaan sebanyak 10 kali untuk nilai standar deviasi yaitu 0,000443.

Pengujian kestabilan tegangan keluaran juga dilakukan pada sensor accelerometer ADXL 335. Tegangan keluaran yang diukur pada sensor accelerometer ADXL 335 ada 3 yaitu axis x, axis y dan axis z. pengukuran dilakukan dengan multimeter dengan pembacaan sebanyak 10 kali untuk mengetahui rata-rata tegangan keluaran pada setiap axisnya. Dan hasil rata-rata yang didapat pada sumbu x yaitu 1,499, rata-rata sumbu y yaitu 1,71 dan rata-rata sumbu z yaitu 1,797.

Sistem kalibrasi kecepatan gerak kaki ini terdiri dari 2 satuan variable yang diukur yaitu m/s dan cm/s. Pengukuran kecepatan dilakukan menggunakan perhitungan panjang busur 1 dengan sudut juring 90° dengan hasil perhitungan panjang busur 1 yaitu 0,34 m kemudian dicari kecepatannya tiap detiknya menggunakan *Stopwatch*. setelah itu dibandingkan data hasil pembacaan pada LCD (*Liquid Cristal Display*) 2x16 dengan data hasil pengukuran untuk mengetahui standar deviasi dan rata-rata

persen error. Dan hasil standar deviasi yaitu 0,0737865 sedangkan rata-rata persen error yaitu 3 %.

Selanjutnya dilakukan perhitungan panjang busur 2 dengan sudut juring 150° dengan hasil perhitungan panjang busur 2 yaitu 0,52 m kemudian dicari kecepatannya tiap detiknya menggunakan *Stopwatch*. setelah itu dibandingkan kembali data hasil pembacaan pada LCD (*Liquid Cristal Display*) 2x16 dengan data hasil pengukuran untuk mengetahui standar deviasi dan rata-rata persen error. Dan hasil standar deviasi yaitu 0,0699206 sedangkan rata-rata persen error yaitu 3,1 %.

Prinsip kerja dari sensor accelerometer ini berdasarkan hukum fisika bahwa apabila suatu konduktor digerakkan melalui suatu medan magnet, atau jika suatu medan magnet digerakkan melalui suatu konduktor, maka akan timbul suatu tegangan induksi pada konduktor tersebut. *Accelerometer* yang diletakan di permukaan bumi dapat mendeteksi percepatan $1g$ (ukuran gravitasi bumi) pada titik vertikalnya, untuk percepatan yang dikarenakan oleh pergerakan horizontal maka *accelerometer* akan mengukur percepatannya secara langsung ketika bergerak secara horizontal.

Pengolahan data sensor accelerometer ini berdasarakan perubahan sudut karena percepatan accelerometer bisa terbaca jika ada perubahan sudut saat sensor digerakan. Untuk itu untuk mengolah data menjadi suatu variable kecepatan harus berdasarkan persamaan gerak melingkar beraturan (GMB). Dimana kita perlu mencari kecepatan sudut terlebih dahulu. Kecepatan sudut adalah besarnya sudut yang ditempuh per satuan waktu (satuan : rad/s). Kecepatan sudut biasa juga disebut *kecepatan angular* (angular artinya sudut). Setelah didapatkan kecepatan sudut lalu diubah menjadi kecepatan linier. Kecepatan linear (v) adalah kecepatan yang arahnya menyinggung lingkaran

(satuan : m/s). Kecepatan ini biasa juga disebut *kecepatan tangensial* (tangensial artinya garis singgung).

Untuk pengolahan data prescaler untuk pembacaan sensor yang digunakan adalah 16. Sedangkan data adc yang terbaca pada sensor antara 70- 100 yang kemudian dikonversi dalam kecepatan sudut dengan range sudut 0° - 180° setelah itu diubah menjadi kecepatan linier dengan menambahkan garis singgung atau jari-jari yaitu 0,4 m sesuai jarak kabel yang terhubung dari mikrokontroler ke sensor accelerometer ADXL 335.

LAMPIRAN A
(Listing Program di Mikrokontroler AVR ATmega 8535)

2.1 Listing Program AT Mega 8535

```
/*  
*  
*/
```

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.0 Professional
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2010 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project : Accelerometer
Version :
Date : 17-Jun-2016
Author :
Company :
Comments:

Chip type	: ATmega8535
Program type	: Application
AVR Core Clock frequenc	: 12.000000 MHz
Memory model	: Small
External RAM size	: 0
Data Stack size	: 128

```
*****  
/  

```

```
#include <mega8535.h>  
#include <stdio.h>  
#include <delay.h>  
#include <math.h>  
#include <alcd.h>  
#define buzzer PORTB.4
```

```

float y;
float min_y=67,max_y=99;
char kecepatan[32];
float sudut_y,vy,vy2;
float jari_jari =0.4;
float y1,y2,dy;
int i,time=100;
unsigned char kecepatan2[64];
unsigned int data;

// Alphanumeric LCD Module functions
#include <alcd.h>

// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>

#define ADC_VREF_TYPE 0x60

// Read the 8 most significant bits
// of the AD conversion result
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA |= 0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10) == 0);
    ADCSRA |= 0x10;
    return ADCH;
}
void baca_y()

```

```
{  
    y=read_adc(2);  
}
```

```
void konversi_y()  
{  
    sudut_y=((y-min_y)*180)/(max_y-min_y);  
}
```

```
void kec_y()  
{  
    baca_y();  
    konversi_y();  
    y1=sudut_y;  
    delay_ms(time);  
    baca_y();  
    konversi_y();  
    y2=sudut_y;  
    delay_ms(time);  
    dy=y1-y2;  
    vy=(dy)*jari_jari/(time);
```

```
    if (vy<0)  
    {  
        vy=vy*(-1);  
    }  
    if(vy<0){  
        vy=0;  
        vy2=vy*(-1);  
        vy2=vy2*3.6;  
        if(vy2<0){  
            vy2=0;  
        }  
    }  
}
```



```

else
{
    vy2=vy*3.6;
    if(vy2<0)
    {
        vy2=0;
    }
}
}

void cm_s (void)
{
    data= vy*100;
    (kecepatan2,"%d ",data);
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_puts(kecepatan2);
    lcd_gotoxy(5,1);
    lcd_putsf("cm/s");
}

void main(void)
{
    // Declare your local variables here

    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
    Func1=In Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
    State1=T State0=T
    PORTA=0x00;
    DDRA=0x00;

    // Port B initialization

```

```
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=Out Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=0 State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTB=0x00;  
DDRB=0x10;
```

```
// Port C initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTC=0x00;  
DDRC=0x00;
```

```
// Port D initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTD=0x00;  
DDRD=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer 0 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFF  
// OC0 output: Disconnected  
TCCR0=0x00;  
TCNT0=0x00;  
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization  
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
```

```
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
```

```
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 1000.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x83;
SFIOR&=0xEF;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
```

```

// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 3
// D5 - PORTC Bit 4
// D6 - PORTC Bit 5
// D7 - PORTC Bit 6
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

while (1)
{
    // Place your code here
    kec_y();
    sprintf(kecepatan,"%0.1f ",vy);
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_puts(kecepatan);
    lcd_putsf("m/s ");
    delay_ms(200);

    cm_s();

    //sprintf(kecepatan,"%0.1f ",vy2);
    //lcd_gotoxy(0,1);
    // lcd_puts(kecepatan);
    // lcd_putsf("km/h ");
    // delay_ms(200);
    if(vy>3){
        lcd_clear();
        delay_ms(500);
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_putsf(" Stop ");
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_putsf(" Bahaya ");
    }
}

```

```
    for(i=0;i<7;i++){  
        buzzer=1;  
        delay_ms(100);  
        buzzer=0;  
        delay_ms(100);  
        lcd_clear();  
    }  
  
}  
  
}
```

LAMPIRAN B DATA SHEET

AT Mega 8535

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 512 Bytes Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFNMLF
- Operating Voltages
 - 2.7 – 5.5V for ATmega8535L
 - 4.5 – 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
 - 0 – 8 MHz for ATmega8535L
 - 0 – 16 MHz for ATmega8535



8-bit AVR®
Microcontroller
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega8535
ATmega8535L

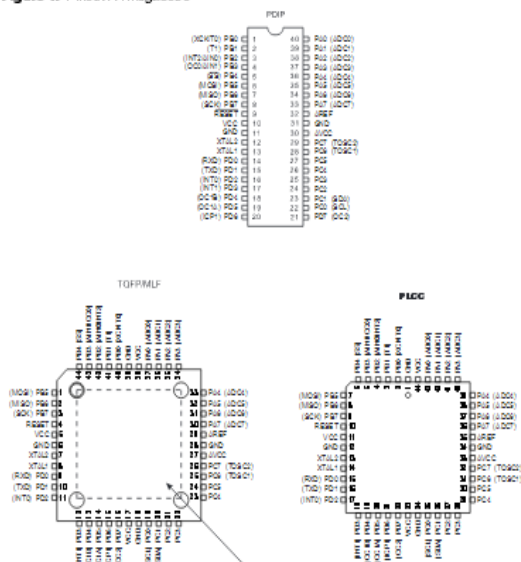
2502K-AVR-1008





Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



NOT 5: MLF Bottom pad should be soldered to ground.

Disclaimer

Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8535 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 512 bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain in TQFP package, a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the asynchronous timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8535 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8535 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

AT90S8535 Compatibility

The ATmega8535 provides all the features of the AT90S8535. In addition, several new features are added. The ATmega8535 is backward compatible with AT90S8535 in most cases. However, some incompatibilities between the two microcontrollers exist. To solve this problem, an AT90S8535 compatibility mode can be selected by programming the S8535C fuse. ATmega8535 is pin compatible with AT90S8535, and can replace the AT90S8535 on current Printed Circuit Boards. However, the location of fuse bits and the electrical characteristics differs between the two devices.

AT90S8535 Compatibility Mode

Programming the S8535C fuse will change the following functionality:

- The timed sequence for changing the Watchdog Time-out period is disabled. See "Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer" on page 45 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 146 for details.

4 ATmega8535(L)

Pin Descriptions

V_{CC}	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 60.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 64.</p>
RESET	Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.
XTAL1	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the inverting Oscillator amplifier.
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V _{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V _{CC} through a low-pass filter.
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

LAMPIRAN C

DATA SHEET BUZZER



Electromagnetic Buzzers

Pin terminal

Without oscillator circuit

SD series

Issue date: February 2013

• All specifications are subject to change without notice.
• Conformity to RoHS Directive: This means that, in conformity with EU Directive 2002/95/EC, lead, cadmium, mercury, hexavalent chromium, and specific bromine-based flame retardants, PBB and PBDE, have not been used, except for exemplified applications.

Electromagnetic Buzzers Pin Terminal SD Series

Conformity to RoHS Directive

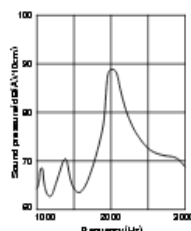
SD1209T3-A1, SD1209T5-A1, SD1209T7-A1 (Applicable to automobile) / ø12mm TYPE FEATURES

- These high reliability electro magnetic buzzers are applicable to automobile equipment.
- Compact, pin terminal type electromagnetic buzzer with 2048 Hz output.
- Pin type terminal construction enables direct mounting onto printed circuit boards.

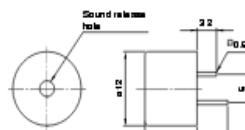
APPLICATIONS

Clocks, travel watches, keyboards, toys, various alarms of automobile equipment.

FREQUENCY CHARACTERISTICS Around 2000 Hz



SHAPES AND DIMENSIONS



Weight 1.2g

*The longer pin is the + side. Dimensions in mm

SPECIFICATIONS

Part No.	SD1209T3-A1	SD1209T5-A1	SD1209T7-A1
Rated voltage Eo-p(V)	3	5	12
Operating voltage Eo-p(V)	1 to 4	3 to 6	6 to 15
Drive conditions: Rated voltage, square wave form (duty 50%)			
Frequency (Hz)	2048	2048	2048
Sound pressure (dB(A)/10cm)	80	80	85
Current Io-p(mA) max.	100	60	100
DC resistance (Ω) typ.	30	90	120
Terminal construction	Rn terminal	Rn terminal	Rn terminal
Operating temperature range	-40 to +85°C		
Storage temperature range	-40 to +85°C		

* Please ask us for details which is designed another operating rated frequency.

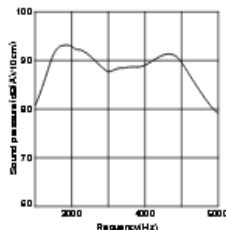
SD160701, SD160709 / ø16mm TYPE FEATURES

- These are thin-type electro magnetic buzzers with a height of only 7mm. They provide output over a relatively wide band, making them suitable for music.
- Pin type terminal construction enables direct mounting onto printed circuit boards.

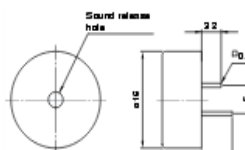
APPLICATIONS

Travel watches, keyboards, handy-type equipment, toys.

FREQUENCY CHARACTERISTICS Around 4000 Hz



SHAPES AND DIMENSIONS



Weight 2.5g

*The longer pin is the + side. Dimensions in mm

SPECIFICATIONS

Part No.	SD160701	SD160709
Rated voltage Eo-p(V)	3	5
Operating voltage Eo-p(V)	1 to 5	3 to 9
Drive conditions: Rated voltage, square wave form (duty 50%)		
Frequency (Hz)	4008	4008
Sound pressure (dB(A)/10cm)	80	80
Current Io-p(mA) max.	60	70
DC resistance (Ω) typ.	50	70
Terminal construction	Rn terminal	Rn terminal
Operating temperature range	-10 to +70°C	
Storage temperature range	-20 to +85°C	

* Please ask us for details which is designed another operating rated frequency.

- Conformity to RoHS Directive: This means that, in conformity with EU Directive 2002/95/EC, lead, cadmium, mercury, hexavalent chromium, and specific bromine based flame retardants, PBB and PBDE, have not been used, except for exempted applications.

- All specifications are subject to change without notice.

SD1614T5-B1, SD1614T-B1 / $\phi 6$ mm TYPE FEATURES

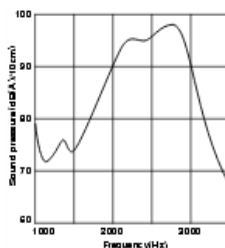
- These low-cost electronic buzzers are suited to a wide range of applications.
- Pin type terminal construction enables direct mounting onto printed circuit boards.

APPLICATIONS

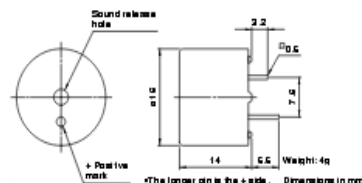
Office equipment, electronic games, toys, home appliances, keyboards.

FREQUENCY CHARACTERISTICS

Around 2000Hz



SHAPES AND DIMENSIONS



SPECIFICATIONS

Part No.	SD1614T5-B1	SD1614T-B1
Rated voltage Eo-p(V)	5	12
Operating voltage Eo-p(V)	3 to 6	6 to 15
Drive conditions: Rated voltage, square wave form (duty 50%)		
Drive frequency (Hz)	2048	2048
Sound pressure (dB(A)/10cm/min)	85	85
Current to p(mA)/max.	80	100
DC resistance (Ω)/typ.	70	120
Terminal construction	Rn terminal	Rn terminal
Operating temperature range	-10 to +60°C	-10 to +60°C
Storage temperature range	-20 to +85°C	-20 to +85°C

- Please ask us for details which is designated another operating rated frequency.
- Products with 5mm terminal pitch is also available. Please substitute -B1 at the end of part number to -A1 in this case.

SD1614T-B3M (Applicable to automobile) / $\phi 6$ mm TYPE FEATURES

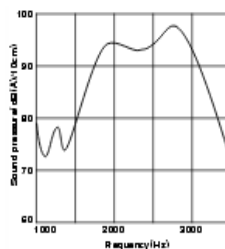
- These high reliability electronic magnetic buzzers are applicable to automobile equipment.
- Pin type terminal construction enables direct mounting onto printed circuit boards.

APPLICATIONS

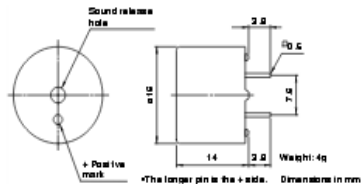
Various alarms of automobile equipment.

FREQUENCY CHARACTERISTICS

Around 2000Hz



SHAPES AND DIMENSIONS



SPECIFICATIONS

Part No.	SD1614T-B3M
Rated voltage Eo-p(V)	12
Operating voltage Eo-p(V)	6 to 15
Drive conditions: Rated voltage, square wave form (duty 50%)	
Drive frequency (Hz)	2048
Sound pressure (dB(A)/10cm/min)	85
Current to p(mA)/max.	100
DC resistance (Ω)/typ.	120
Terminal construction	Rn terminal
Operating temperature range	-40 to +85°C
Storage temperature range	-40 to +85°C

- Please ask us for details which is designated another operating rated frequency.
- Products with 5mm terminal pitch is also available.

Part No.: SD1614T-B3M

SD1614T5-B5M (Applicable to automobile) / ø16 mm TYPE FEATURES

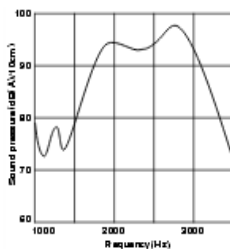
- These high reliability electronic buzzers are applicable to automobile equipment.
- Pin type terminal construction enables direct mounting onto printed circuit boards.

APPLICATIONS

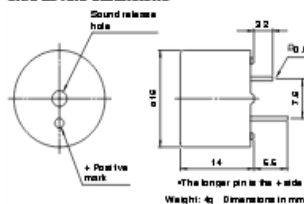
Various alarms of automobile equipment.

FREQUENCY CHARACTERISTICS

Around 2000Hz



SHAPES AND DIMENSIONS



SPECIFICATIONS

Part No.	SD1614T5-B5M
Rated voltage Eo (V)	5
Operating voltage Eo-p (V)	3 to 6
Drive conditions: Rated voltage, squarewave btm (duty 50%)	
Drive frequency (Hz)	2048
Sound pressure (dB A)/10cm/min	85
Current Iop (mA) max.	80
DC resistance (Ω) typ.	70
Terminal construction	Rin terminal
Operating temperature range	-40 to +85°C
Storage temperature range	-40 to +85°C

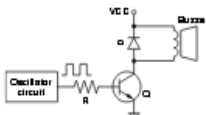
* Please ask us for details which is designed another operating rated frequency.

SAFETY PRECAUTIONS FOR USING TDK ELECTROMAGNETIC BUZZER

Please be sure to read the specifications of TDK Electro magnetic Buzzer (hereinafter referred to as "the buzzer") before use.

- Please pay sufficient attention to the warnings for safe designing when using the buzzer.
Incorrect usage may cause smoke or fire.
- Do not make sound on the buzzer when it is close to ears.
Listening to it for an extended period, may result in hearing disorders.
Thoroughly warn consumers not to turn on the sound when the buzzer is close to ears.
- Do not exceed the rated operation voltage range when using the buzzer.
If it is exceeded beyond the rated operation voltage, a built-in coil may generate heat, resulting in deterioration of the coil, which may cause a drop in sound pressure or a change in the terminal resistance value.
If a short circuit occurs due to heat generated in the built-in coil, a large electrical current flows to the equipment used, possibly causing it to emit smoke or fire.
- The buzzer is a magnetic type sounder.
Do not use it for any other purpose than a sound generation.
- Do not use the buzzer in other than atmospheric air.
- Do not use the buzzer in the following environments (excluding cases in which countermeasures are taken).
 - Corrosive gases (Cl₂, NH₃, SO₂, NO_x, etc.)
 - Places to be exposed to dust.
 - Places where rain, fog, saltwater, and the like will get on the buzzer.
- After installing the buzzer when designing an apparatus, confirm that there are no abnormalities by performing a reliability evaluation test.
- Do not exceed the rated operating temperature range when using the buzzer.
- Do not use for an extended period at relative humidity in excess of 80% (maximum wet-bulb temperature of 38°C).
- When using the buzzer for a safety device or warning device, take all surest measures such as providing a safety circuit or the joint use of another sounder with equivalent characteristics in order to prevent accidents.
- The buzzer may be influenced by electromagnetic waves, voltage changes, and ripple voltage.
Check the buzzer in the mounted condition, and take measures such as safety circuits, shielding, etc.
- If the buzzer is mounted or secured by adhesives, the thermal expansion stresses from the mold or adhesive agent may cause deterioration in a soldered terminal part.
Before molding or securing an adhesive, consider the type, amount, hardening conditions, adhesive properties, etc., of the sealing material, and confirm the reliability.
- Do not apply vibrations or shocks (such as dropping) larger than the specified.
- Do not bend the terminal pin when soldering to install on a circuit board.
- Do not apply larger than the specified force to the terminal pin.
- Do not apply force to the terminal pin at high temperatures (when soldering).
- When soldering a terminal pin, perform the soldering in clean conditions without contamination or dust in order to avoid poor connections.
- When performing dip soldering directly for installing on a printed circuit board, be careful so that smoke from the flux, or other foreign materials, will not get into the sound emission hole.
- Do not clean (excluding products that can be cleaned).
- With regards to devices in which the consumer can touch the buzzer, thoroughly warn consumers not to put foreign materials (such as needles, hairpins, garbage, etc.) into the sound emission hole.
- As the buzzer uses a coil, it has an inductive load.
Protect the drive circuit by putting the diodes in parallel into the buzzer.
- Do not reconfigure the buzzer.
- Sound pressure changes depending on the shape of the part to be installed in a device, or the installation location.
Check the buzzer in the mounted condition.
- The buzzer has polarities.
When installing, be careful not to make a mistake with the polarities. Incorrect polarities will cause the following irregularities.
 - Without circuit type: Difference in sound pressure will be created.
 - With circuit type: No sound will be generated.
- Frequencies other than the rated frequency will change the characteristics (sound pressure), and may cause wide unevenness.
- As the buzzer uses a magnet, it generates a surrounding magnetic field.
When designing a device, etc., confirm that there are no irregularities due to the magnetic field.
- The characteristics of the buzzer may change because of the influence of an outside magnetic field.
Check the buzzer in the mounted condition, and take measures such as shielding, etc.
- Because of deterioration or damage, maintain in rated storage temperature range, avoid environments where there are sudden temperature changes, direct sunlight, corrosive gases and dust, and store wrapped in order to avoid applying stresses.

RECOMMENDED OPERATING CIRCUIT EXAMPLE



• All specifications are subject to change without notice.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun serta kalibrasi sensor kecepatan gerak kaki yaitu accelerometer ADXL 335 pada *treadmill* yang telah didapatkan data berupa variable kecepatan dapat disimpulkan, sebagai berikut :

- a. Rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki menggunakan sensor Accelerometer ADXL 335 dapat digunakan di kaki pengguna *treadmill* untuk mengetahui kecepatan gerak kaki.
- b. Sistem pengukuran sensor Accelerometer ADXL 335 pada kaki pengguna *treadmill* untuk percobaan 1 dengan panjang busur 0,34 m memiliki nilai standar deviasi yaitu 0,0737865 dan memiliki nilai rata-rata error sebesar 3 %.
- c. Sistem pengukuran sensor Accelerometer ADXL 335 pada kaki pengguna *treadmill* untuk percobaan 1 dengan panjang busur 0,52 m memiliki nilai standar deviasi yaitu 0,0699206 dan memiliki nilai rata-rata error sebesar 3,1 %.
- d. Hasil data kecepatan pada sensor accelerometer ADXL 335 berdasarkan persamaan gerak melingkar beraturan (GMB).
- e. Hasil data kecepatan linier didapatkan berdasarkan diketahuinya kecepatan sudut (rad/s) dan berdasarkan perubahan sudut antara 0° - 180° . Setelah itu diubah dalam kecepatan linier (m/s) dengan menambahkan garis singgung atau jari-jari sebesar 0,4 m.

5.2 Saran

Adapun saran untuk rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki pada *treadmill* ini adalah sebagai berikut :

- a. Penggunaan sensor kecepatan menggunakan Acelerometer ADXL 335 kurang efisien jika digunakan pada kaki pengguna *treadmill*.
- b. Pembuatan mekanik rancang bangun sensor kecepatan gerak kaki ini terlalu mengganggu pengguna treadmill saat berjalan diatas *treadmill*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Albert Paul, Malvino, 2003, “Prinsip-Prinsip Elektronika Buku Satu”, Salemba Teknika, Jakarta.
- [2] Albert Paul, Malvino, 2003, “Prinsip-Prinsip Elektronik Edisi Tiga”, Salemba Teknika Jakarta.
- [3] Bejo, Agu, 2008, ”C&AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroller ATmega 8535”. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [4] Bentley, John P. 2005. ”*Principles of Measurement System 4th Edition*”. London : Prentice Hall.
- [5] Blocher, Richard, 2003, “Dasar Elektronika”, ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- [6] <http://forum.hobbycomponents.com/viewtopic.php?f=73&t=1736>
- [7] <http://saptaji.com/2015/07/26/menangani-buzzer-dengan-arduino/>
- [8] <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/adxl335.pdf>
- [9] Laboratorium Pengukuran Fisis. 2013. “Modul Teknik Pengukuran dan Kalibrasi”. ITS. Surabaya.
- [10] Yul Antonisfia, Era Madona, Desember 2013, ”Pengisian aki dengan buck converter”. *Elektron Journal. Volume 5, No. 1*,

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Pasuruan, 11 Maret 1993. Diberi nama terbaik dari kedua orang tua, yaitu Muhammad Syarifuddin. Bapak bernama Alm Abdullah, Ibu bernama Sugiarti dan mempunyai dua orang adik kandung yang bernama Muhammad Aris Rohman dan Muhammad Robi Fitriano. Alamat asli rumah di Surabaya terdapat pada Jl. Manukan Bhakti I blok 20C/05 RT 1/ RW 3 Kelurahan Manukan Kulon Kecamatan Tandes. Penulis

menyelesaikan Sekolah Dasar pada tahun 2005 di SDN Bibis No 113 Surabaya, pada tahun 2008 penulis menamatkan SMP N 26 Surabaya dan pada tahun 2011 penulis menamatkan sekolah menengah di SMK N 5 Surabaya. Penulis mempunyai minat terhadap bidang organisasi dan manajerial. Pada tahun 2016 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Sensor kecepatan gerak kaki pada treadmill”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email arudino_ardiansyah@gmail.com.